

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. März 2002 (07.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/19439 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 33/00,
H01S 5/323

CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regens-
burg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/03348

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. August 2001 (31.08.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BADER, Stefan**
[DE/DE]; Deutschherrnweg 2, 93053 Regensburg (DE).
FEHRER, Michael [DE/DE]; Rilkestrasse 5B, 93077
Bad Abbach (DE). **HAHN, Berthold** [DE/DE]; Am
Pfannenstiel 2, 93155 Hemau (DE). **HÄRLE, Volker**
[DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164 Waldetzenberg (DE).
LUGAUER, Hans-Jürgen [DE/DE]; Tannenweg 14,
93173 Wenzelnbach (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 42 947.5 31. August 2000 (31.08.2000) DE

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN & FISCHER**; Ridler-
strasse 55, 80339 München (DE).

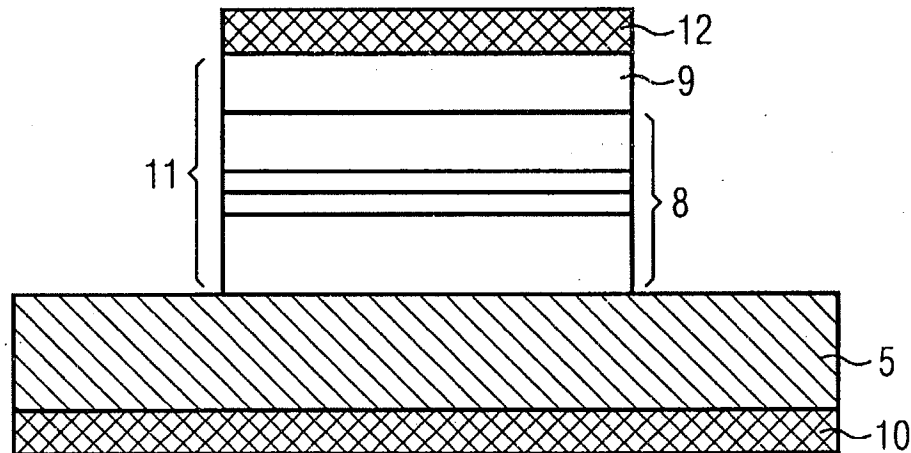
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &**

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR CHIP BASED ON III-V NITRIDE
SEMICONDUCTOR MATERIAL, AND A CORRESPONDING RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR CHIP

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STRAHLUNGSEMITTIERENDEN HALBLEITERCHIPS AUF
III-V-NITRIDHALBLEITER-BASIS UND STRAHLUNGSEMITTIERENDER HALBLEITERCHIP



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a radiation-emitting semiconductor chip comprising a thin-layer element (11) based on III-V nitride semiconductor material. According to the inventive method, a series of layers of the thin-layer element (11) is deposited onto an epitaxial substrate (100), the thin-layer element is joined to a support (5), and the epitaxial substrate (100) is removed from the thin-layer element. The epitaxial substrate (100) comprises a substrate body (1), which is made of PolySiC or PolyGaN or of SiC, GaN or sapphire and which is joined to an epitaxial growth layer (2) by means of an adhesive layer (3), and the series of layers of the thin-layer element is epitaxially deposited on said epitaxial growth layer. The invention also relates to a radiation-emitting semiconductor chip that is produced in the aforementioned manner.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines strahlungsemitierenden Halbleiterchips mit einem Dünnschichtelement (11) auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial, bei dem eine Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) auf einem Epitaxiesubstrat (100) abgeschieden wird, das Dünnschichtelement mit einem Träger (5)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/19439 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

verbunden wird und das Epitaxiesubstrat (100) von dem Dünnschichtelement entfernt wird. Das Epitaxiesubstrat (100) weist einen Substratkörper (1) aus PolySiC oder PolyGaN bzw. aus SiC, GaN oder Saphir auf, der vermittelt einer Haftschrift (3) mit einer Aufwuchsschicht (2) verbunden ist, und auf der die Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) epitaktisch abgeschieden wird. Weiterhin wird ein derart hergestellter strahlungsemitterender Halbleiterchip beschrieben.

Beschreibung

Verfahren zum Herstellen eines strahlungsemittierenden Halbleiterchips auf III-V-Nitridhalbleiter-Basis und
5 strahlungsemittierender Halbleiterchip

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines strahlungsemittierenden Halbleiterchips auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie auf einen strahlungsemittierenden Halbleiterchip nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 19.

Strahlungsemittierende Halbleiterbauelemente auf GaN-Basis sind beispielsweise aus US 5,874,747 bekannt. Solche Halbleiterbauelemente enthalten einen Halbleiterkörper mit einer Mehrzahl von Schichten, die aus GaN oder einem darauf basierenden Material bestehen. Gemäß der genannten Druckschrift ist die Mehrzahl von GaN basierenden Schichten auf ein SiC-Substrat aufgebracht.

Unter III-V-Nitridhalbleitermaterialien fallen im vorliegenden Zusammenhang die von GaN abgeleiteten oder mit GaN verwandten Materialien sowie darauf aufbauende, beispielsweise ternäre oder quaternäre Mischkristalle. Insbesondere fallen hierunter die Materialien AlN, InN, AlGaN ($\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$), InGaN ($\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$), InAlN ($\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$) und AlInGaN ($\text{Al}_{1-x-y}\text{In}_y\text{Ga}_x\text{N}$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$).

Im folgenden bezieht sich die Bezeichnung "III-V-Nitridhalbleitermaterial" auf die oben beschriebene Gruppe von Materialien. Weiterhin umfaßt diese Bezeichnung Materialien, die zur Ausbildung von Pufferschichten bei der epitaktischen Herstellung von Schichten der angeführten Materialsysteme verwendet werden.

Aus US 5,679,152 ist ferner bekannt, GaN-basierende Halbleiterkörper epitaktisch auf einem geeigneten Substrat, beispielsweise einem Si-Substrat, herzustellen, wobei nach der epitaktischen Abscheidung der GaN-Schichten das
5 Substrat in situ entfernt wird.

Aus US 5,786,606 sind GaN-basierende Halbleiterkörper bekannt, die ein intermediäres SiC-Substrat aufweisen, das auf dem ursprünglichen Epitaxiesubstrat gebildet ist. Der
10 ursprüngliche Substratkörper wird bei der Herstellung entfernt.

Die Verwendung von Halbleiterkörpern, die ein SiC-Substrat enthalten, bedeutet für die Herstellung von Halbleiterbauelementen einen zusätzlichen, nicht unerheblichen Kostenaufwand, da SiC-Substrate selbst extrem kostenaufwendig sind. Werden mit jedem auf III-V-Nitridhalbleitermaterialien basierenden Halbleiterkörper Teile des SiC-Substrats in ein Halbleiterbauelement eingebaut,
15 so sind die Kosten für das Halbleiterbauelement direkt an die Kosten des SiC-Substrats gebunden. Eine kostengünstige Herstellung des Halbleiterbauelements wird dadurch erschwert.

Weiterhin kann ein SiC-Substrat in auf III-V-Nitridhalbleiter basierenden Halbleiterchips zur Verringerung der Strahlungsausbeute führen, da SiC die von diesen emittierte Strahlung teilweise absorbiert und somit den Anteil auskoppelbarer Strahlung reduziert.
25

Bei dem in US 5,679,152 beschriebenen Herstellungsverfahren unter Verwendung von Si-Substraten können nur sehr dünne Substrate benutzt werden, die unmittelbar nach der Epitaxie entfernt werden müssen. Typischerweise liegt die
30 zulässige Dicke solcher Substrate unter 1 μm .

Diese dünnen Substrate sind erforderlich, um Rißbildung im Halbleiterkörper aufgrund der verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Silizium und auf III-V-Nitridhalbleiter basierenden Materialien zu vermeiden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen strahlungsemitierenden Halbleiterchip auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterialien zu schaffen, der technisch einfach und daher kostengünstig herstellbar ist und der eine hohe externe Quanteneffizienz aufweist.

Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren hierfür anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 beziehungsweise einen Halbleiterchip nach Anspruch 19 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 18 und 20 bis 25.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, den strahlungsemitierenden Halbleiterchip auf III-V-Nitridhalbleitermaterial-Basis als Dünnschichtelement auszubilden.

Unter einem Dünnschichtelement wird dabei eine Halbleiterschichtfolge verstanden, die im wesentlichen ausschließlich aus einem Stapel Epitaxieschichten auf der Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial besteht.

Das Dünnschichtelement besteht aus einer Mehrzahl von III-V-Nitridhalbleiter-Epitaxieschichten, wobei der Halbleiterkörper auf einer Seite durch eine n-leitende und auf der dieser gegenüberliegenden Seite durch eine p-leitende Epitaxieschicht begrenzt ist.

Das Dünnschichtelement ist mit der p-leitenden Seite auf einem leitfähigen Träger aufgebracht, der eine Montage-

fläche für das Dünnschichtelement aufweist und vorzugsweise zugleich zur Kontaktierung des Dünnschichtelements verwendet werden kann.

- 5 Auf der n-leitenden Seite des Dünnschichtelements ist eine korrespondierende Kontaktfläche gebildet. Im folgenden bezieht sich die Bezeichnung "Kontaktfläche" ohne weitere Angaben auf diese Kontaktfläche.
- 10 Mit großem Vorteil weist der so gebildete Halbleiterchip kein Epitaxiesubstrat üblicher Dicke ($>100\mu\text{m}$) wie zum Beispiel ein SiC-Substrat auf, so daß die Materialkosten für das Halbleiterbauelement gesenkt sind.
- 15 Ein weiterer Vorteil der Dünnschichtausführung liegt darin, daß der Halbleiterkörper nur mehr kleine Reste eines strahlungsabsorbierenden Substrats oder gar kein strahlungsabsorbierendes Substrat enthält.
- 20 Daher kann die Strahlungsausbeute durch Verwendung eines reflektierenden Trägers gesteigert werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, bei dem Dünnschichtelement die auf der n-leitenden
25 Seite begrenzende Epitaxieschicht als leitfähige Pufferschicht auszubilden.

Die Ausbildung von Pufferschichten bei der Herstellung von GaN-basierenden Halbleiterkörpern ist üblich, um eine
30 Gitterfehlانpassung zwischen Epitaxiesubstrat und den auf die Pufferschicht folgenden Epitaxieschichten auszugleichen.

Eine leitfähige Pufferschicht bringt den großen Vorteil
35 mit sich, daß mit dem so gebildeten Halbleiterkörper ein vertikal leitfähiges Halbleiterbauelement geschaffen werden kann.

Gegenüber isolierenden Pufferschichten ist dies vorteilhaft, da vertikal leitende Halbleiterchips mit geringerem Aufwand kontaktiert werden können. Ferner ist so eine größere laterale Ausdehnung der aktiven Schichten möglich.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Pufferschicht mehrlagig gebildet. Durch eine Abfolge mehrerer Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung ist es mit Vorteil möglich, sowohl die Leitfähigkeit der Pufferschicht als auch die Anpassung an die folgenden GaN-basierenden Schichten zu optimieren.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Pufferschicht aus AlGaN-basierenden Materialien, wie beispielsweise $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$ und $\text{Al}_{1-x-y}\text{In}_x\text{Ga}_y\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$ und $x+y < 1$.

Von besonderem Vorteil ist es hierbei, die der Kontaktfläche zugewandte Seite der Pufferschicht mit niedrigem Al-Gehalt auszubilden, um so eine gut leitfähige Pufferschicht zu erhalten.

Da die Oberflächengüte und die kristalline Qualität solcher Schichten mit niedrigem Al-Gehalt gering ist, ist es weiterhin vorteilhaft, die der Kontaktfläche abgewandte Seite der Pufferschicht mit hohem Al-Gehalt auszubilden. Durch den hohen Al-Gehalt wird die Oberflächengüte der Pufferschicht erhöht und eine gute Anpassung an nachfolgende III-V-Nitridhalbleiter-basierende Schichten erreicht.

Eine Pufferschicht mit niedrigem Al-Gehalt auf der Seite der Kontaktfläche und hohem Al-Gehalt auf der gegenüberliegenden Seite bildet damit mit großem Vorteil eine leitfähige Pufferschicht mit zugleich hoher Oberflächengüte.

Erfindungsgemäß ist zur Herstellung eines strahlungsemit-
tierenden Halbleiterelements auf Basis von III-V-Nitrid-
halbleitermaterial vorgesehen, die III-V-Nitridhalblei-
ter-basierenden Schichten auf ein Epitaxiesubstrat aufzu-
5 bringen, dessen Substratkörper einen an III-V-Nitridhalb-
leitermaterialien angepaßten oder einen im Vergleich zu
III-V-Nitridhalbleitermaterialien größeren thermischen
Ausdehnungskoeffizienten besitzt und das auf der Epita-
xieseite von einer dünnen Aufwachsschicht, die vorzugs-
10 weise Si(111) enthält, begrenzt wird.

Mit Vorteil wird so die thermische Ausdehnung des Epita-
xiesubstrats bei der Herstellung des III-V-Nitridhalblei-
terkörpers durch den Substratkörper bestimmt, so daß sich
15 das Substrat thermisch ähnlich wie die aufzubringenden
Schichten verhält.

Eine Si(111)-Oberfläche weist eine hexagonale Struktur
auf und ist damit gut als Epitaxieoberfläche für III-V-
20 Nitridhalbleitermaterialien geeignet.

Weiterhin sind Si(111)-Oberflächen leicht zu bearbeiten
und für die Epitaxie vorzubereiten. Die Verarbeitungs-
techniken von Si(111) sind aufgrund der überragenden Ver-
25 wendung dieses Materials in der Halbleiterindustrie sehr
gut bekannt und erprobt.

Daher ist es auch mit Vorteil möglich, Epitaxiesubstrate
mit einem Durchmesser herzustellen, der deutlich größer
30 ist als der Durchmesser handelsüblicher SiC-Substrate.

Auch die erreichbare Oberflächengüte von Si(111)-Oberflä-
chen hebt sich weit von der Oberflächengüte von SiC-Sub-
straten ab.

35 Als Substratkörper wird vorzugsweise polykristallines SiC
(PolySiC), GaN oder polykristallines GaN (PolyGaN) auf-

grund der guten thermischen Anpassung an GaN-basierende Schichten verwendet. Weiterhin kann der Substratkörper Saphir ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) enthalten, der einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als III-V-Nitridhalbleitermaterialien aufweist.

Diese Substratkörper sind deutlich kostengünstiger als die nach dem Stand der Technik verwendeten Substrate, da der Halbleiterkörper auf der Oberfläche der Aufwachsschicht abgeschieden wird und so vorteilhafterweise die Anforderungen an die kristallinen Eigenschaften des Substratkörpers reduziert sind. Aufgrund der reduzierten Anforderungen können insbesondere kostengünstige polykristalline Materialien eingesetzt werden.

15

- Der Substratkörper ist mit der Aufwachsschicht vorzugsweise durch eine Haftschrift verbunden, die aus Siliziumoxid oder Siliziumnitrid besteht.
- 20 Die Ausbildung einer Haftschrift zwischen Substratkörper und Aufwachsschicht ist auf einfache Weise möglich, wobei die genannten Materialien eine besonders stabile Verbindung gewährleisten.
- 25 Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird das Verfahren nach der Aufbringung der III-V-Nitridhalbleiter-basierenden Schichten fortgeführt, indem in einem nächsten Schritt auf die III-V-Nitridhalbleiter-basierenden
- 30 Schichten ein Träger aufgebracht wird.

Danach wird das Epitaxiesubstrat von den III-V-Nitridhalbleiter-basierenden Schichten abgelöst.

- 35 Mit Vorteil ist somit eine Wiederverwendung oder Weiterverwendung des Epitaxiesubstrats beziehungsweise des Substratkörpers möglich.

Die Verwendung einer Si(111)-Aufwachsschicht als Epitaxieoberfläche ist bei Ablösung des Epitaxiesubstrats vorteilhaft, da sich der Halbleiterkörper leicht, beispielsweise durch Ätzen, von dem Substratkörper lösen läßt. Die
5 Si(111)-Aufwachsschicht stellt dabei eine Opferschicht dar.

Besonders vorteilhaft ist bei diesem Herstellungsverfahren die Möglichkeit einer kostengünstigen Herstellung der
10 Halbleiterkörper unter Verwendung eines monokristallinen SiC-Substratkörpers, da der kostenintensive SiC-Substratkörper wieder- oder weiterverwendet werden kann.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen
15 Herstellungsverfahrens wird nach der Ablösung des Epitaxiesubstrats auf die Fläche des Halbleiterkörpers, von der das Epitaxiesubstrat abgelöst wurde, eine Kontaktfläche aufgebracht.

20 Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens besteht darin, vor der Ablösung des Epitaxiesubstrats die Mehrzahl der III-V-Nitridhalbleiter-Schichten zu strukturieren.

25 Unter Strukturierung sind dabei Maßnahmen zu verstehen, die lateral die Epitaxieschichten in eine Vielzahl einzelner, auf dem Epitaxiesubstrat mit Abstand voneinander nebeneinander angeordneter Epitaxieschichtstapel unterteilen. Bei einer Ablösung der Epitaxischichtstapel durch
30 Ätzen bewirkt die Strukturierung mit Vorteil eine Vergrößerung der dem Ätzangriff ausgesetzten Oberfläche.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird bei dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren anstatt
35 eines Trägers zunächst ein Zwischenträger auf die auf III-V-Nitridhalbleitermaterial basierenden Epitaxieschichten aufgebracht. Danach wird wiederum das Epitaxie-

substrat abgelöst und ein Träger auf die Seite der Epitaxieschichten aufgebracht, von der das Epitaxiesubstrat abgelöst wurde. Im nächsten Schritt wird der Zwischenträger abgelöst.

5

Mit dieser Weiterbildung wird mit Vorteil die Schichtabfolge der auf III-V-Nitridhalbleitermaterial basierenden Schichten bezüglich des Trägers gegenüber dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren umgekehrt. Diese Umkehr ist vorteilhaft, um auch nachfolgende Verfahren, insbesondere bei der Vergehäusung, anwenden zu können, die diese umgekehrte Schichtabfolge erfordern.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens besteht darin, als erste Schicht auf das Epitaxiesubstrat eine elektrisch leitfähige Pufferschicht aufzubringen.

Eine solche Pufferschicht ist von besonderem Vorteil, um für die folgenden Epitaxieschichten eine Oberfläche mit optimal angepaßter Gitterstruktur zu erzeugen, die zugleich von den nachfolgenden Schichtmaterialien gut benetzt wird und so ein gleichmäßiges Wachstum der nachfolgenden Schichten ermöglicht.

25

Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit der Pufferschicht ist die Ausbildung vertikal leitfähiger Halbleiterbauelemente mit den oben beschriebenen, positiven Eigenschaften möglich.

30

Bevorzugt wird die Pufferschicht aus einer Mehrzahl von Einzelschichten auf AlGaN-Basis gebildet.

Dies ist von Vorteil, da eine Pufferschicht mit hohem Al-Anteil eine gitterangepaßte und gut benetzbare Oberfläche für weitere auf III-V-Nitridhalbleitermaterial basierende Schichten ausbildet, aber eine geringe Leitfähigkeit auf-

weist, während eine Pufferschicht mit niedrigem Al-Gehalt elektrisch gut leitet, aber eine geringere kristalline Qualität und Oberflächengüte besitzt.

- 5 Durch Ausbildung einer Mehrzahl solcher Schichten in Kombination ist es möglich, eine hohe elektrische Leitfähigkeit mit hoher kristalliner Qualität zu vereinen.

10 Dazu ist es günstig, substratseitig eine Schicht mit höherem Al-Gehalt auszubilden und zu den Epitaxieschichten hin, das heißt auf der dem Epitaxiesubstrat abgewandten Seite der Pufferschicht, eine Schicht mit niedrigerem Al-Gehalt abzuscheiden.

- 15 Bei einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird die Pufferschicht in zwei Schritten gebildet.

20 Im ersten Schritt wird auf die Aufwachsschicht des Epitaxiesubstrats eine Mehrzahl von elektrisch leitfähigen Bereichen aufgebracht. Als Material für die leitfähigen Bereiche eignet sich insbesondere ein InGaN-basierendes Material, wie $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$ und $\text{In}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$ und $x+y < 1$, oder GaN.

25 Aufgrund der Neigung von Si und Ga, Domänen auszubilden, wird dabei eine weitgehend homogene Anordnung der leitfähigen Bereiche erreicht.

- 30 In einem zweiten Schritt wird diese Mehrzahl elektrisch leitfähiger Bereiche mit einer planarisierenden Füllschicht abgedeckt, wobei die Zwischenräume zwischen den leitfähigen Bereichen gefüllt werden.

35 Als Material hierfür eignet sich besonders eine AlGaN-Verbindung mit hohem Al-Gehalt. Die so hergestellte Pufferschicht eignet sich sehr gut zur Abscheidung weiterer

Schichten auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial und weist eine hohe Leitfähigkeit auf.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von drei Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 3.

Es zeigen:

10

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauelements,

15 Figur 2 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und

20 Figur 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens für eine leitfähige Pufferschicht.

In den verschiedenen Ausführungsbeispielen sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Der in Figur 1 dargestellte strahlungsemitterende Halbleiterchip weist einen Halbleiterkörper 11 in Form eines Dünnschichtelements auf, der aus einer leitfähigen Pufferschicht 9 und einer Schichtenfolge 8, die insbesondere Epitaxieschichten auf Basis von III-V-Verbindungshalbleitermaterial enthält, besteht. Auf die Pufferschicht 9 ist eine Kontaktfläche 12 aufgebracht, die, anders wie in Figur 1 dargestellt, auch nur einen Teil der Oberseite des Halbleiterkörpers 11 bedecken kann und beispielsweise Al aufweisen oder aus Al bestehen kann und als Bondpad ausgebildet ist.

Die Struktur der Schichtenfolge 8 bestimmt die Funktionalität des Halbleiterkörpers 11 beziehungsweise des damit gebildeten Chips. Diese Schichtenfolge 8 beinhaltet auch die der Strahlungserzeugung dienende aktive Schicht.

5

Der Halbleiterkörper 11 weist kein Epitaxiesubstrat auf.

Auf der Seite der Pufferschicht 9 ist der Halbleiterkörper 11 n-leitend und auf der dieser gegenüberliegenden

10 Seite p-leitend ausgebildet.

Mit der p-leitenden Seite ist der Halbleiterkörper 11 auf einer Hauptfläche eines leitfähigen Trägers 5 aufgebracht.

15

Der Träger 5 weist auf der dem Halbleiterkörper 11 abgewandten Seite eine zweite Kontaktfläche 10 auf.

20 Mit Vorteil ist der so gebildete Halbleiterchip vertikal, das heißt senkrecht zu den Schichtebenen, durchgängig leitfähig. Dies ermöglicht einen lateral weitgehend homogenen Stromfluß durch das Bauelement und eine einfache Kontaktierung.

25 Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Chip in lateraler Richtung problemlos skaliert werden kann. Unter lateraler Skalierung ist dabei der Übergang zu anderen lateralen Abmessungen des Chips zu verstehen. Dieser Übergang ist leicht möglich, da der Chip in lateraler Richtung nicht strukturiert ist, also keine Topologie aufweist.

35 Bei lateral strukturierten Bauelementen hingegen, beispielsweise mit zwei unterschiedlichen Kontaktflächen auf einer Hauptfläche, ist bei einer lateralen Skalierung eine Anpassung der lateralen Struktur zu berücksichtigen.

Voraussetzung für einen vertikal leitfähigen Chip ist eine leitfähige Pufferschicht 9. Diese Schicht ist zum Beispiel zweilagig aus III-V-Nitridhalbleitermaterialien gebildet. Die genauere Beschaffenheit der Pufferschicht 9
5 wird zusammen mit der Herstellung einer leitfähigen Pufferschicht anhand von Figur 3 erläutert.

Die erfindungsgemäß gebildeten Halbleiterkörper eignen sich aufgrund des direkten Bandübergangs sowie der Größe
10 des Bandabstands von III-V-Nitridhalbleitermaterialien besonders zur Realisierung von Leuchtdiodenchips mit einer Zentralwellenlänge im gelben, grünen, grünblauen oder violetten Spektralbereich, Leuchtdioden mit besonders hoher Leuchtkraft und zur Realisierung von Halbleiterlasern
15 mit einer Emissionswellenlänge im grünen bis violetten Spektralbereich.

In Figur 2 ist in sechs Zwischenschritten a bis f schematisch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen
20 Herstellungsverfahrens dargestellt.

Ausgangspunkt bildet ein mehrlagiges Epitaxiesubstrat 100 (Figur 2a). Der Substratkörper 1 besteht aus SiC, bevorzugt PolySiC.
25

Auf dem Substratkörper 1 ist eine Haftschrift 3, vorzugsweise bestehend aus Siliziumoxid gebildet, die den Substratkörper mit einer dünnen Aufwachsschicht 2 verbindet, die beispielsweise aus Si(111) besteht.
30

Die Dicke der Aufwachsschicht 2 ist dabei so gering gewählt, daß deren thermische Ausdehnung im wesentlichen von dem darunterliegenden Substratkörper 1 bestimmt wird. Typischerweise liegt die Dicke der Aufwachsschicht 2 zwischen etwa 0,1 μm und 20 μm , bevorzugt beträgt sie weniger als 10 μm und besonders bevorzugt liegt sie zwischen 0,1 μm und 2 μm .
35

Auf der Oberfläche der Aufwachsschicht 2 wird in einem nächsten Schritt eine Mehrzahl von Schichten 4 aus III-V-Nitridhalbleitermaterialien abgeschieden, Figur 2b.

- 5 Bevorzugt wird dabei als erstes eine leitfähige AlGaN-Pufferschicht 9 auf der Oberfläche der Aufwachsschicht 2 ausgebildet, da GaN selbst und InGaN-Verbindungen Si(111)- oder SiC-Oberflächen nur schlecht benetzen.
- 10 Die Pufferschicht 9 und die darauf abgeschiedenen angrenzenden Schichten auf Basis von III-V-Verbindungshalbleitermaterial sind n-leitend gebildet.

- Auf der gegenüberliegenden, dem Epitaxiesubstrat 100 abgewandten Seite wird der Epitaxieschichtstapel von einer oder mehreren p-leitenden Schichten begrenzt.
- 15

- Zwischen den n-leitenden und p-leitenden Schichten ist eine Mehrzahl $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ -basierender Schichten mit
- 20 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$ ausgebildet, die der Strahlungserzeugung im engeren Sinne dienen. Hierfür eignen sich alle dem Fachmann bekannten, strahlungserzeugenden Halbleiterstrukturen, insbesondere pn-Übergänge unter Ausbildung einer Einfach- oder Doppelheterostruktur sowie Einfach-
- 25 und Mehrfachquantentopf-Strukturen.

- Durch eine Mesaätzung werden im nächsten Schritt die $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ -basierenden Schichten lateral strukturiert, Figur 2c, so daß aus diesen eine Vielzahl separater, auf dem
- 30 Epitaxiesubstrat 100 nebeneinander angeordneter Schichtstapel gebildet wird. Diese Schichtstapel stellen im Wesentlichen die noch nicht vereinzelt Dünnschicht-elemente 11 der strahlungsemittierenden Chips dar.
- 35 Die Mesaätzung erfolgt bis in die Aufwachsschicht 2 des Epitaxiesubstrats 100 hinein, um in einem folgenden

Schritt eine leichte Ablösung der Dünnschichtelemente 11 von dem Epitaxiesubstrat 100 zu ermöglichen.

Nach der Strukturierung der $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ -basierenden
5 Schichten 4 wird auf der dem Epitaxiesubstrat 100 abgewandten, p-leitenden Seite der Dünnschichtelemente 11 ein Träger 5 oder alternativ ein Zwischenträger 13 aufgebracht. Als Trägermaterial kann beispielsweise GaAs oder Cu verwendet werden.

10

Im folgenden Schritt (Figur 2e) wird das Epitaxiesubstrat 100 von den Dünnschichtelement 11 abgelöst. Die Ablösung erfolgt naßchemisch durch Ätzen, wobei die Aufwachs-
schicht 2 zerstört wird. Die naßchemische Ablösung unter
15 Abätzung der Aufwachsschicht 2 erfordert dabei einen wesentlich geringeren Aufwand als beispielsweise die Ablösung eines SiC-Substratkörpers.

Alternativ wird unter Verwendung eines Zwischenträgers 13
20 nach der Ablösung des Epitaxiesubstrats 100 an dessen Stelle ein Träger 5 aufgebracht und danach der Zwischenträger 13 abgelöst.

Die am Ende dieses Schritts gebildeten Strukturen sind
25 bei beiden Alternativen sehr ähnlich und unterscheiden sich nur darin, daß bei Verwendung eines Zwischenträgers 13 die Pufferschicht 9 auf der dem Träger 5 zugewandten Seite des Halbleiterkörpers liegt (Figur 2e, rechts). Im anderen Fall ist die Pufferschicht 9 auf der dem Träger 5
30 abgewandten Seite des Halbleiterkörpers 11 ausgebildet.

Nachfolgend werden die Halbleiterkörper 11 sowie der Träger 5 mit Kontaktflächen 12 beziehungsweise 10 versehen. Nachfolgend wird der Träger 5 jeweils zwischen den Halbleiterkörpern 11 durchtrennt, so daß eine Mehrzahl der in
35 Figur 1 dargestellten Halbleiterchips entsteht (Figur 2f).

Das Umbonden der Dünnschichtelemente 11 auf den Träger 5 beziehungsweise den Zwischenträger 13 in Verbindung mit der nachfolgenden Ablösung des Epitaxiesubstrats 100 ermöglicht mit Vorteil eine Weiterverwendung des Epitaxiesubstratkörpers 1, wodurch sich im Fall von SiC als Substratkörpermateri-
5 al eine erhebliche Kostenreduzierung ergibt.

Weiterhin entfallen so sämtliche im SiC-Substrat auftretenden Absorptionsverluste. Dies führt zu einer deutlich erhöhten Strahlungsausbeute.
10

Bei einem alternativen Herstellungsverfahren kann bei Verwendung kostengünstiger Substratkörper wie PolySiC oder PolyGaN auch das gesamte Substrat abgeätzt werden,
15 wenn dessen Wiederverwendung keinen besonderen Vorteil darstellt.

In Figur 3 ist schematisch anhand von vier Zwischenschritten die Herstellung einer leitfähigen Pufferschicht 9 erläutert.
20

Als Epitaxiesubstrat 100 wird wie im oben beschriebenen Herstellungsverfahren ein SiC- oder PolySiC-Substratkörper 1 mit epitaxi-
25 seitiger Aufwachsschicht 2, die beispielsweise Si(111) enthält, verwendet (Figur 3a).

Auf der Aufwachsschicht 2 wird in einem ersten Schritt eine Nukleationschicht 6 in Form einer Mehrzahl von Quantenpunkten abgeschieden (Figur 3b).
30

Als Material hierfür wird AlGaInN mit niedrigem Al-Anteil (<50%), InGaN oder GaN verwendet. Die Quantenpunkte sind hochleitfähig, bilden aber keine geschlossene Schicht.
35 Somit entsteht auf der Oberfläche der Aufwachsschicht eine Mehrzahl von untereinander nicht zusammenhängenden, elektrisch leitfähigen Bereichen. Der Bedeckungsgrad kann

je nach Materialzusammensetzung zwischen 1% und 99% variieren.

Auf der Quantenpunktschicht 6 wird eine planarisierende
5 Füllschicht 7 auf AlGa_N-Basis mit hohem Al-Gehalt, zum
Beispiel Al_xGa_{1-x}N mit $x > 0,5$ abgeschieden (Figur 3c) so daß
sich eine planare Struktur 9 ergibt.

Die leitfähigen Bereiche 6 bilden kanalartige Verbindun-
10 gen durch die Pufferschicht 9 hindurch und gewährleisten
eine gute elektrische Leitfähigkeit der Pufferschicht 9.

Auf der Pufferschicht 9 wird im nächsten Schritt eine
Schichtenfolge 8, die insbesondere Epitaxieschichten auf
15 Basis von III-V-Verbindungshalbleitermaterial enthält,
abgeschieden (Figur 3c), die im Wesentlichen die Funktio-
nalität des Halbleiterbauelements bestimmt.

Die weiteren Schritte zum Herstellen von Dünnschichte-
20 menten und einzelnen Halbleiterchips entsprechen bei-
spielsweise den im Zusammenhang mit den Figuren 2A bis 2C
beschriebenen entsprechenden Schritten.

Die Erläuterung der Erfindung anhand der oben beschriebe-
25 nen Ausführungsbeispiele stellt selbstverständlich keine
Beschränkung der Erfindung auf diese dar.

Insbesondere kann die Zusammensetzungen der Halbleiterma-
terialien im jeweils angegebenen Rahmen den Erfordernissen
30 und dem für das Bauelement vorgesehenen Einsatzbereich
angepaßt werden.

Weiterhin kann durch die Zusammensetzung der Halbleiter-
materialien innerhalb der aktiven Schicht des Halbleiter-
35 körpers die Zentralwellenlänge der erzeugten Strahlung
festgelegt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines strahlungsemittierenden Halbleiterchips mit einem Dünnschichtelement (11) auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial, bei dem
- eine Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) auf einem Epitaxiesubstrat (100) abgeschieden wird,
 - das Dünnschichtelement mit einem Träger (5) verbunden wird und
 - das Epitaxiesubstrat (100) von dem Dünnschichtelement entfernt wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- das Epitaxiesubstrat (100) einen Substratkörper (1) aus PolySiC oder PolyGaN aufweist, der vermittelt einer Haftschicht (3) mit einer Aufwachsschicht (2) verbunden ist, und
 - auf der Aufwachsschicht (2) die Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) epitaktisch abgeschieden wird.
2. Verfahren zum Herstellen eines strahlungsemittierenden Halbleiterchips mit einem Dünnschichtelement (11) auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial, bei dem
- eine Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) auf einem Epitaxiesubstrat (100) abgeschieden wird,
 - das Dünnschichtelement mit einem Träger (5) verbunden wird und
 - das Epitaxiesubstrat (100) von dem Dünnschichtelement entfernt wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
- das Epitaxiesubstrat (100) einen Substratkörper (1) aus SiC, GaN oder Saphir aufweist, der vermittelt einer Haftschicht (3) mit einer Aufwachsschicht (2) verbunden ist, und
 - auf der Aufwachsschicht (2) die Schichtenfolge des Dünnschichtelements (11) epitaktisch abgeschieden wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Aufwachsschicht (2) eine Si(111)-Schicht (2) auf-
weist.

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Haftschrift (3) aus Siliziumoxid oder Siliziumnitrid
besteht.

10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß
vor dem Aufbringen des Trägers (5) die Schichtenfolge des
Dünnschichtelements (11) in eine Mehrzahl von einzelnen,
15 voneinander getrennten Dünnschichtelementen (11) struktu-
riert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
20 nach dem Ablösen des Epitaxiesubstrats das Dünnschicht-
element (11) kontaktiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß
25 nach dem Aufbringen der Schichtenfolge das Verfahren
fortgeführt wird mit den Schritten
- Aufbringen eines Zwischenträgers auf die Schichten-
folge;
- Ablösen des Epitaxiesubstrats;
30 - Aufbringen eines Trägers (5) auf die Seite der
Schichtenfolge, von der das Epitaxiesubstrat abgelöst
wurde; und
- Ablösen des Zwischenträgers.

35 8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß

vor dem Aufbringen des Zwischenträgers die Mehrzahl von GaN-basierenden Schichten (4) strukturiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,

5 dadurch gekennzeichnet, daß
nach dem Ablösen des Zwischenträgers das Dünnschichtelement (11) kontaktiert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

10 dadurch gekennzeichnet, daß
als erste Schicht auf der Oberfläche der Aufwachsschicht (2) eine elektrisch leitfähige Pufferschicht (9) ausgebildet wird.

15 11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Pufferschicht (9) aus einer Mehrzahl von Einzelschichten auf AlGaN-Basis gebildet wird.

20 12. Verfahren nach Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet, daß
die an die Aufwachsschicht (2) angrenzende Einzelschicht der Pufferschicht (9) einen höheren Al-Gehalt aufweist als eine dieser aus Sicht der Aufwachsschicht (2) nachgeordnete Einzelschicht.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Einzelschicht auf der der Aufwachsschicht (2) abgewandten Seite der Pufferschicht (9) einen niedrigeren Al-Gehalt aufweist als eine dieser aus Sicht der Aufwachsschicht (2) vorgeordnete Einzelschicht.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13,

35 dadurch gekennzeichnet, daß
die Pufferschicht gebildet wird durch die Schritte

- Aufbringen einer Mehrzahl von voneinander in Abstand befindlichen elektrisch leitfähigen Bereichen auf die Aufwachsschicht (2), und
- Aufbringen einer planarisierenden Füllschicht (7).

5

15. Verfahren nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Mehrzahl elektrisch leitfähiger Bereiche durch Verwendung von InGaN-Material, GaN-Material oder InN-Material gebildet wird.

10

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Füllschicht (7) AlGaN oder AlGaInN mit einem derart
15 hohen Al-Anteil aufweist, dass eine plane Schicht entsteht.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
20 die Dicke der Aufwachsschicht zwischen etwa 1 μm und 20 μm liegt, insbesondere kleiner als 10 μm ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
25 das Epitaxiesubstrat einen an das Material des Dünnschichtelements (11) angepaßten thermischen Ausdehnungskoeffizienten oder einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als dieses Material besitzt.

30 19. Strahlungsemittierender Halbleiterchip auf Basis von III-V-Nitridhalbleitermaterial mit einem Dünnschichtelement (11) mit einer Mehrzahl von Schichten aus III-V-Nitridhalbleitermaterial, das eine n-leitende und eine p-leitende Seite aufweist,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
das Dünnschichtelement (11) mit der p-leitenden Seite auf einen elektrisch leitfähigen Träger (5) aufgebracht ist

und auf der n-leitenden Seite eine Kontaktfläche (12) aufweist,
die an die Kontaktfläche (12) grenzende Epitaxieschicht des Halbleiterkörpers (11) AlGaN-basierendes Material
5 aufweist, wobei die der Kontaktfläche (12) zugewandte Seite einen höheren Al-Gehalt als die von der Kontaktfläche (12) abgewandte Seite aufweist und die Pufferschicht eine Mehrzahl von elektrisch leitfähigen Bereichen aus einem anderen III-V-Nitridhalbleitermaterial als die
10 übrige Pufferschicht enthält.

20. Halbleiterchip nach Anspruch 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Mehrzahl leitfähiger Bereiche aus einem InGaN-
15 basierenden Material, aus InN oder aus GaN gebildet ist.

21. Halbleiterchip nach Anspruch 20,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Mehrzahl leitfähiger Bereiche aus $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$
20 oder $\text{In}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$ mit $0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$ und $x+y < 1$ mit derart geringem Al-Gehalt, dass sich die leitfähigen Bereiche ausbilden, gebildet ist.

22. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 19 bis 21,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Pufferschicht (9) mehrlagig aus einer Mehrzahl von Einzelschichten auf AlGaN-Basis gebildet ist.

23. Halbleiterchip nach Anspruch 22,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die an das Dünnschichtelement (11) grenzende Einzelschicht (9) einen niedrigeren Al-Gehalt aufweist als eine dieser aus Sicht der des Dünnschichtelements nachgeordnete Einzelschicht.

35

24. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 19 bis 23,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der

Träger (5) für die erzeugte Strahlung durchlässig oder teildurchlässig ist.

25. Halbleiterchip nach einem der Ansprüche 19 bis 24,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Träger (5) eine die erzeugte Strahlung reflektierende Schicht aufweist oder zumindest teilweise mit einer die erzeugte Strahlung reflektierenden Oberfläche versehen ist.

1/3

FIG 1

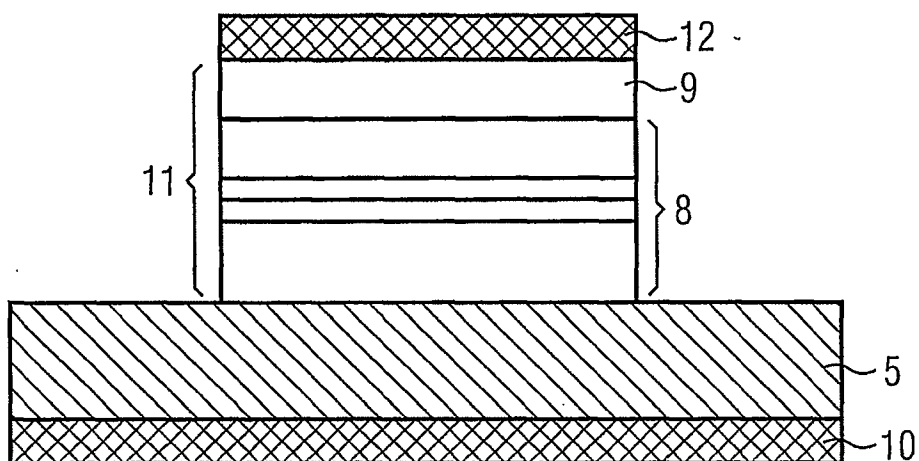


FIG 2A

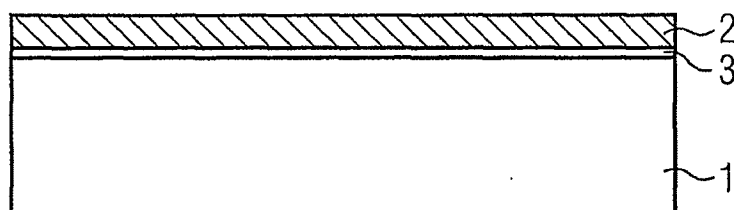


FIG 2B

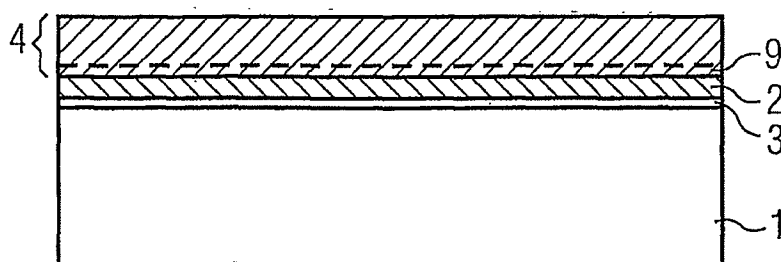


FIG 2C

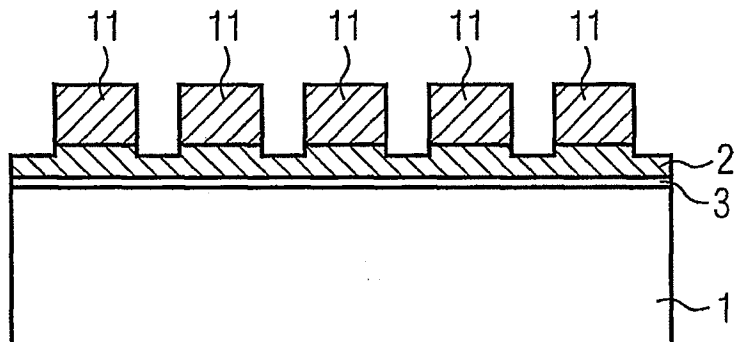


FIG 2D

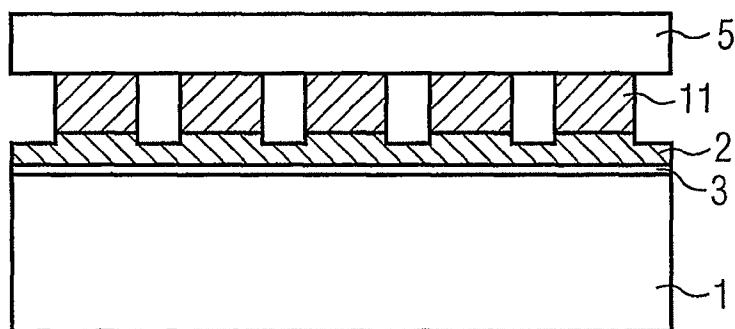


FIG 2E

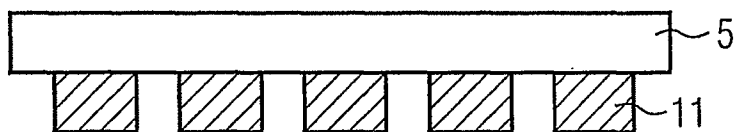


FIG 2F

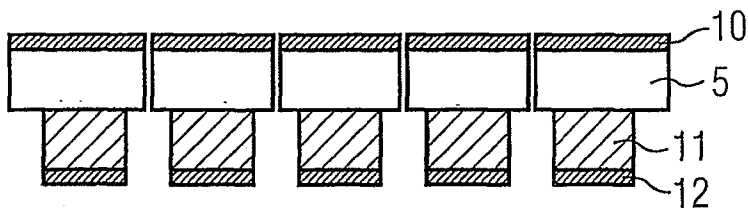


FIG 3A

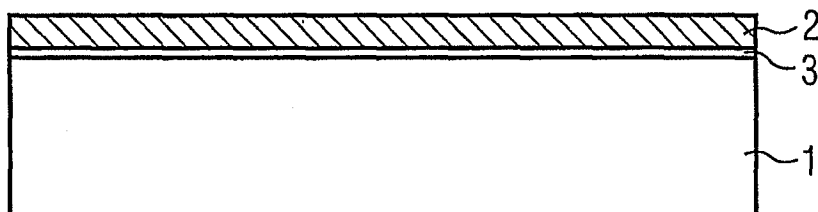


FIG 3B

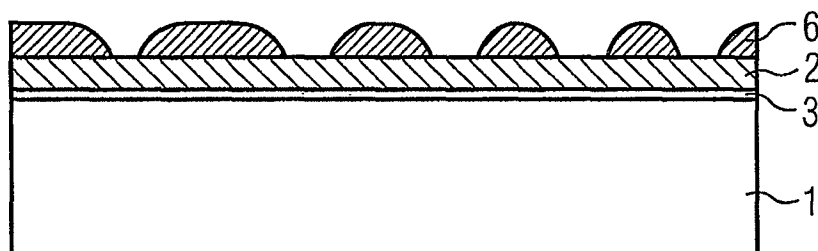


FIG 3C

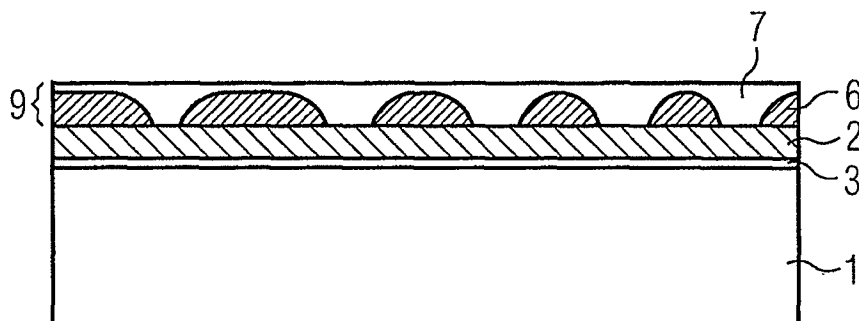
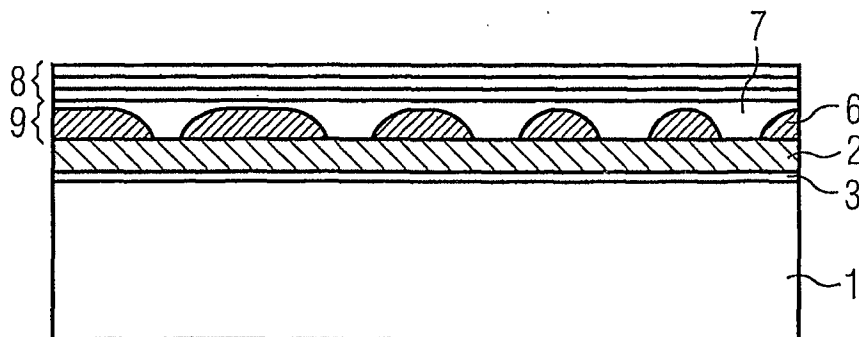


FIG 3D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: Application No

PCT/DE 01/03348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H01L33/00 H01S5/323

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 985 687 A (DENBAARS STEVEN P ET AL) 16 November 1999 (1999-11-16)	1-10
Y	the whole document	11-18
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31 August 1999 (1999-08-31) & JP 11 145516 A (TOYODA GOSEI CO LTD), 28 May 1999 (1999-05-28) the whole document & US 6 121 121 A 19 September 2000 (2000-09-19)	11-18
Y	US 5 851 905 A (ROBERTS JOHN CLAASSEN ET AL) 22 December 1998 (1998-12-22) column 8, line 6-12	12,13
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2001

Date of mailing of the international search report

29/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Werner, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intel Application No

PCT/DE 01/03348

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 739 554 A (EDMOND JOHN A ET AL) 14 April 1998 (1998-04-14) claims 16,36,37; figure 2 -----	19-25
A	US 5 798 537 A (NITTA KOICHI) 25 August 1998 (1998-08-25) abstract -----	
A	US 6 046 464 A (SCHETZINA JAN FREDERICK) 4 April 2000 (2000-04-04) figure 3 -----	

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5985687	A	16-11-1999	NONE	
JP 11145516	A	28-05-1999	US 6121121 A JP 3036495 B2	19-09-2000 24-04-2000
US 5851905	A	22-12-1998	US 5684309 A	04-11-1997
US 5739554	A	14-04-1998	AU 5545296 A CA 2220031 A1 CN 1190491 A EP 0826246 A1 JP 11504764 T US 6120600 A WO 9636080 A1	29-11-1996 14-11-1996 12-08-1998 04-03-1998 27-04-1999 19-09-2000 14-11-1996
US 5798537	A	25-08-1998	JP 3182346 B2 JP 9129927 A	03-07-2001 16-05-1997
US 6046464	A	04-04-2000	US 5670798 A AU 5374296 A EP 0818056 A2 WO 9630945 A2 US 5679965 A	23-09-1997 16-10-1996 14-01-1998 03-10-1996 21-10-1997

Intern: as Aktenzeichen

PCT/DE 01/03348

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L33/00 H01S5/323

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Becherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 985 687 A (DENBAARS STEVEN P ET AL) 16. November 1999 (1999-11-16)	1-10
Y	das ganze Dokument ----	11-18
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31. August 1999 (1999-08-31) & JP 11 145516 A (TOYODA GOSEI CO LTD), 28. Mai 1999 (1999-05-28) das ganze Dokument & US 6 121 121 A 19. September 2000 (2000-09-19) ----	11-18
Y	US 5 851 905 A (ROBERTS JOHN CLAASSEN ET AL) 22. Dezember 1998 (1998-12-22) Spalte 8, Zeile 6-12 ----- -/-	12,13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

*O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

*P) Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

***Y** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/11/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchebehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Werner, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 739 554 A (EDMOND JOHN A ET AL) 14. April 1998 (1998-04-14) Ansprüche 16,36,37; Abbildung 2 ---	19-25
A	US 5 798 537 A (NITTA KOICHI) 25. August 1998 (1998-08-25) Zusammenfassung ---	
A	US 6 046 464 A (SCHETZINA JAN FREDERICK) 4. April 2000 (2000-04-04) Abbildung 3 -----	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5985687	A	16-11-1999	KEINE		
JP 11145516	A	28-05-1999	US	6121121 A	19-09-2000
			JP	3036495 B2	24-04-2000
US 5851905	A	22-12-1998	US	5684309 A	04-11-1997
US 5739554	A	14-04-1998	AU	5545296 A	29-11-1996
			CA	2220031 A1	14-11-1996
			CN	1190491 A	12-08-1998
			EP	0826246 A1	04-03-1998
			JP	11504764 T	27-04-1999
			US	6120600 A	19-09-2000
			WO	9636080 A1	14-11-1996
US 5798537	A	25-08-1998	JP	3182346 B2	03-07-2001
			JP	9129927 A	16-05-1997
US 6046464	A	04-04-2000	US	5670798 A	23-09-1997
			AU	5374296 A	16-10-1996
			EP	0818056 A2	14-01-1998
			WO	9630945 A2	03-10-1996
			US	5679965 A	21-10-1997